

# 食品成分含有量の分布と動向に関する研究 (第7報)

——ロックウール栽培のミニトマトについて——

## Studies on Distribution and Behavior of the Contents of Components in Foods (Part VII)

——On the Minitomato Cultured by Means of Rock-wool——

中山喜代子・桑原 豊子・中山美津子\*

Kiyoko Nakayama, Toyoko Kuwahara and Mitsuko Nakayama

(昭和62年11月11日 受理)

### Summary

Recently "rock-wool" plant has been adopted in horticultural facilities. In Kochi Prefecture, melon and mini tomato have been cultivated by means of using rock-wool since 1985.

By using mini tomatoes which were cultivated with rock-wool and soil respectively, their contents of the main mineral components, water, nitrogen and ascorbic acid were measured.

As the result of chemical analysis, calcium (Ca), phosphorus (P), iron (Fe), potassium (K), magnesium (Mg) and water showed normal distributions.

In case of sodium (Na), the normal distribution was obtained in its logarithmic values (log-normal distribution).

There was a tendency that the contents of Fe, Mg and ascorbic acid were more, while those of water and nitrogen were less in the berries located at the upper part, compared to the base part.

All other contents but for water and nitrogen were more in the berries from the soil culture than those of the rock-wool culture.

Furthermore, tomato showed tendencies to increase its contents of Ca, Fe, K, Mg, and sugar, and to decrease that of ascorbic acid toward the full ripeness of the berries.

About the mineral components, there were positive correlations between P and K, P and Mg, and K and Mg respectively.

Regarding to the taste, positive correlations were seen between sugar and acid, sugar and Mg, and sugar and P, respectively.

### I 緒 言

近年、施設園芸の新しい栽培方法として、ロックウール栽培がとりあげられており、高知県でも昭和60年度より、メロン、ミニトマトの栽培がはじめられた。

施設園芸においては、地下部環境条件の制御は、地上部におけるそれ以上に高度な環境制御技術が要求される。しかし、地下部が土壌培地では制御性能に限界がある<sup>1)</sup>。そこでより高度な地下部環境制御をめざし、高い再現性を期待して、土壌にかわる培材を求め各種の養液栽培が急成長して来た。なかでもロックウール栽培は1970年にデンマークで端を発し、その後オランダを主とする西

\* 高知市旭天神町292, 高知学園短期大学 調理・特殊栄養学研究室

欧諸国で急速に普及しており、我が国でも高い関心が寄せられている。

ロックウールは、製鉄の工程で出た廃棄物の鉱さいに玄武岩を加えて摂氏1500度で溶かした後、遠心分離機にかけて、スポンジ状にしたウールのように軽い繊維で、主成分はケイ酸カルシウムである。

土の代わりにロックウールを使用することで、①土壤病害の危険性が少ない。②軽量で用途別に成型できる。③品質が一定。④連作可能。⑤収量アップ。⑥作業がきれいで後継者対策に役立つ。⑦コンピューター化による経営規模の拡大。等種々の利点があり、施設園芸では、将来土耕栽培に対抗できる実用性を持ち合せており、今後農家の間では広く普及すると考えられている。

今回はロックウールおよび土壤栽培されたミニトマトを試料として、各種無機成分含有量を測定し、分布型の決定を試みると共に、これらの成分の栽培別、段別、部位別、熟度別における変動、さらに各種元素間および酸、糖との相関関係について検討した。また、トマトはその美しい色と、甘酸適和したトマト特有の旨味で賞用されるが、ロックウール栽培のミニトマトを土壤栽培や市販の露地栽培のものと比較して、ロックウール栽培の嗜好性と特徴を検討した。

## II 実験の部

### 1. 試料

試料は高知県種苗センター、園芸農家および学内で、ロックウール栽培と土壤栽培されたミニトマト金太郎種を主に用いた。また嗜好調査用として上記試料に、ミニトマト金太郎種の水耕栽培のものと市販露地栽培の普通中型トマト桃太郎種を加えて用いた。

ミニトマトは果実のついている房を果房といい、通常1本の苗で10段以上もできる。今回はそれぞれ1・2段、4・5段、7・8段の果房についた果実を試料とした。なおトマト (*Tomato. Lycopersicum esculentum* MILL.) はナス科 (*Solanaceae*) の植物で原産地は南アフリカ西部高原地帯といわれている。品種はきわめて多種で、今回使用したミニトマトというのは、シュガーランプやタイニーテムなどの品種で知られる小型トマトの俗称である。

### 2. 実験方法

#### 2.1 ロックウールの培養液保持能について

ロックウール培材に養液栽培用の培養液を通過させたときに起る培養液の成分量の変化を検討した。使用したロックウールは日東紡製で1ケの大きさは縦10×横10×高さ10 (cm)、重さは75 g。

未使用のロックウールをビニール袋に入れ E, C, 2 (トマトのロックウール栽培用に肥料配合された培養液の電気伝導度で、E, C, メータで2とされている) の培養液で飽和状態にしたロックウールに1日1回同濃度の培養液を500 ml かける。翌日ロックウール内液とビニール袋に出た排液を採取し、E, C. および各種無機成分 (Ca, P, Fe, Na, K, Mg) 量を測定する。栽培は掛け流し式で行うので、残った排液は捨て、また同じ E, C. 2 の培養液を500 ml かける。これを1週間行う。なお使用した肥料の混合割合は次の通りである。

#### 培養液の作り方

50 l の水に大塚ハウス肥料1号750 g, 2号300 g を順に溶かし、E, C. 20の原液を作り、この原液を10倍に希釈して E, C. 2 の液とする。

表1 大塚ハウス肥料成分量

種 類	大 塚 ハ ウ ス 1 号		大塚ハウス 2 号	
	配 合 肥 料		硝 酸 石 灰	
名 称	ほう素マンガ入り尿素複合 肥料大塚ハウス1号(鉄添加)		大塚11硝酸石灰	
保 証 成 分 量 (%)	窒素全量	10.0	硝酸性窒素 11 水溶性石灰 23	
	(内アンモニア性窒素	1.5		
	硝 酸 性 窒 素	7.5		
	水 溶 性 り ん 酸	8.0		
	〃 加 里	24.0		
	〃 苦 土	5.0		
	〃 マ ン ガ ン	0.10		
	〃 ほ う 素	0.10		
	E O T A 鉄(鉄として)	0.18		

## 2.2 無機成分含有量の分布

ロックウールおよび土壌栽培されたミニトマト（金太郎種）、各100 g を1体として、90体を対象とし、主なる無機成分 Ca, P, Fe, Na, K および Mg と水分含有量を測定し、その分布型を決定し、こをらの成分の特性値を求めた。

## 2.3 栽培別、段別における各種成分の動向

ロックウール栽培および土壌栽培されたミニトマト（金太郎種）の主なる無機成分と水分、窒素、ビタミンC含有量と酸度、糖度を測定し、その動向を検討した。なお段別では、1・2段、4・5段、7・8段に分けて比較し、さらに各種元素間および酸と糖との相関関係について検討した。

## 2.4 部位別、熟度別における動向

部位別についてはロックウール栽培のミニトマト金太郎種を試料として、果肉部とゼリー部に分け、前出の各種成分についてその含有量を測定し、比較した。

熟度別についてもロックウール栽培した試料を使って、上記同様それらの含有量の変化を検討した。

## 2.5 嗜好調査

試料としてロックウール栽培、土壌栽培、水耕栽培のミニトマト金太郎種および市販の露地ものとして土壌の普通中型トマト桃太郎種の4種類を用い、色、香、酸味、甘味、旨味、歯ごたえ、総合評価の7項目について、順位法により嗜好調査を行なう。なおテスターは高知女子大学食物栄養学科4回生と教官で28名である。

## 3. 分析方法

無機成分に関しては、試料を乾式灰化後、既報<sup>2)3)4)</sup>に従い原子吸光光度計（島津原子吸光／フレー

μ分光光度計 AA-620) および分光光度計 (日立181型) により測定した。水分は常圧乾燥法にて行ない、窒素はケールダール法、ビタミンCはインドフェノール法を用いて還元型ビタミンCを測定した。酸は中和滴定法、糖については一般成分分析にはスクール法<sup>5)</sup>を用い、その他は屈折糖度計 (アタゴ手持ち屈折計50~200形) を用いた。嗜好調査の結果は、順位法を用いた。順位法の検定は Kendall の一致性の係数 W の有意性を近似的に F 分布によって検定した。

### Ⅲ 実験結果および考察

#### 1. ロックウールの培養液保持能について

培養液通過による成分濃度の測定結果は、表2に示す通りである。

ロックウール保持能  
表2 培養液通過による成分濃度の変化

通過回数		通過前の濃度	1	2	3	4	5	6
培養液電気伝導度 (ms/cm)	内液	2.00	1.60	1.60	1.60	1.55	1.50	1.50
	排液		2.00	1.80	1.70	1.55	1.50	1.50
Ca (mg%)	内液	230	250	240	240	223	220	220
	排液		300	234	230	242	230	230
P (mg%)	内液	82.5	60.0	62.5	61.3	55.0	55.0	40.0
	排液		74.0	65.5	63.5	55.0	55.0	50.0
Fe (mg%)	内液	1.45	1.40	1.45	1.45	1.35	1.35	1.35
	排液		1.58	1.58	1.43	1.43	1.40	1.28
Na (mg%)	内液	24.0	24.4	23.0	24.6	24.4	25.0	24.0
	排液		28.8	24.2	24.0	25.4	21.6	23.0
K (mg%)	内液	430	275	275	290	290	250	240
	排液		360	330	315	275	265	245
Mg (mg%)	内液	63.0	66.0	74.0	69.0	70.0	65.0	65.0
	排液		95.0	79.0	74.5	66.0	65.5	65.5

培養液の電気伝導度 (E. C.) は内液、排液とも低下して行く。P と K はロックウールへの吸着が大きく、内液、排液とも培養液の約1/2の濃度まで低下した。Ca と Mg はロックウールからの多少の溶出があり、Mg は実験期間を通して、Ca は実験前半、内液、排液とも培養液よりも濃度が高くなった。Fe と Na は濃度の変動は少なかった。このような傾向は、れき、砂、くん炭などの培材にもみられる<sup>1)</sup>。従って、ロックウールの保持能は、一般に用いられている培材と似かよっており、培養液の成分濃度は変化しやすいことから、定期的に培材内の濃度検査を行うことが大切であると思われる。なお、90×30×6 cm のロックウールを、前出の E. C. 2 の培養液で飽和状態に保った後、ミニトマトの定植を行い、毎日この培養液を与え育成を続けていると、ロックウール内部の養液の電気伝導度は除々に上昇し、20日後には約2倍になった。それに伴い、

K 濃度は約1.2倍, Ca, P, Fe は1.3倍, Na は1.5倍, Mg は3.5倍にまで濃縮された。このことから, ロックウール養液の濃度検査は頻繁に行い, 常に養液濃度の調整が必要と考える。

## 2. 無機成分および水分含有量の分布

ロックウール栽培および土壌栽培したミニトマトを対象として, 主な無機成分および水分含有量を測定し, 分布型の決定を行った。

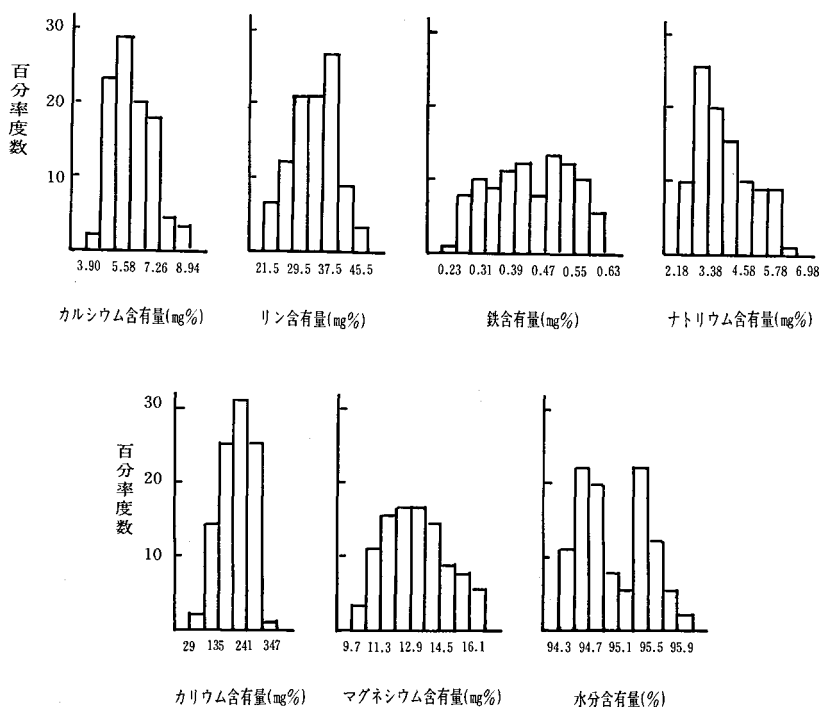


図1 ロックウール栽培、度数分布図

図1はロックウール栽培ミニトマトの主な無機成分および水分含有量を百分率度数で表わした度数分布図である。既報<sup>2)</sup>に従い累積度数分布図を描き, その直線性を確認した上でカイ二乗検定を行った。Ca, P, Fe, K, Mg は度数分布図が示す通り, 直接測定値(実数値)において正規分布をし, Na は対数値を用いた累積度数分布図では直線性を示し, Na は対数正規分布をしていると考える。水分については, 段による含有量の違いが二峰性をもたらし, これを1・2段と4・5段, 7・8段に分けて検討すると, それぞれにおいて実数正規分布を示した。

図2は土壌栽培の度数分布図である。土壌栽培についても前記同様検討した結果, ロックウール同様, Ca, P, Fe, K, Mg および水分は直接性を示し正規分布すると考える。Na は対数変換値で直線性を示し, 対数正規分布と考えられる。水分については段による含有量の違いで二峰性をもたらしたこともロックウール栽培の場合と同様で, 1・2段, 4・5段と7・8段に分かれて正規分布を示した。なおロックウール栽培, 土壌栽培のものの標本分布と理論分布との比較を, 即

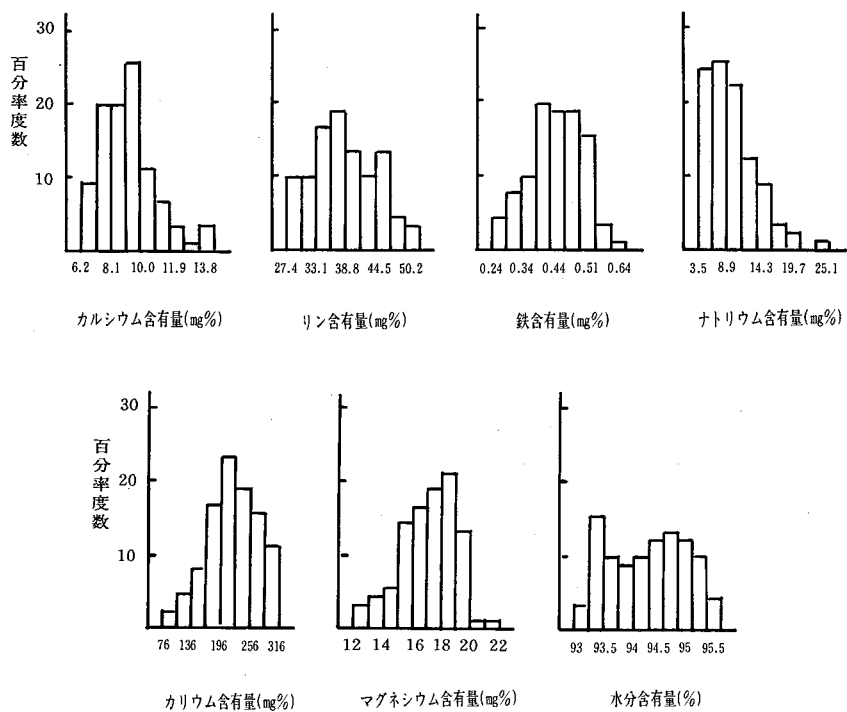


図2 土壌栽培、度数分布図

表 3 適 合 度 検 定  
ロックウール栽培                      土 壌 栽 培

成 分		$\chi^2_0$	自由度 (n-3)	$\chi^2_{(0.05)}$	$\chi^2_0$	自由度 (n-3)	$\chi^2_{(0.05)}$
Ca		7.48	3	7.81	6.18	4	9.49
P		5.09	4	9.49	4.24	5	11.07
Fe		9.03	7	14.07	5.41	5	11.07
Na		5.18	5	11.07	2.00	4	9.49
K		5.03	2	5.99	0.62	4	9.49
Mg		4.64	6	12.59	1.75	5	11.07
H <sub>2</sub> O	下	0.60	3	7.81	1.15	4	9.49
	上	0.71	4	9.49	1.25	3	7.81

ち、正規曲線の適合度をカイ二乗検定をもって調べたものが表3である。  
いずれの分布も5%の有意水準で正規曲線に適合していると云える。  
ミニトマトの無機質と分布型の関係を考えてみると、ロックウール、土壌栽培の如何を問わず、植物の生命現象にとって基本物質である水分と必須元素である Ca, P, Fe, K, Mg は正規

表 4 - 1 ロックウール栽培の無機成分量の特徴値

成 分		直接値 および 対数値	平均値	標準偏差	最小値	最大値	中央値	$\mu-2\sigma$	$\mu-\sigma$	$\mu+\sigma$	$\mu+2\sigma$	推定分布型
Ca		直接値 (mg%)	6.46	1.14	3.90	9.68	6.24	4.20	5.34	7.60	8.74	正規型
P		直接値 (mg%)	35.0	5.48	24.7	46.2	35.2	24.1	29.6	40.5	46.0	正規型
Fe		直接値 (mg%)	0.46	0.11	0.23	0.65	0.45	0.24	0.35	0.56	0.67	正規型
Na		直接値 (mg%)	3.98	1.12	2.18	6.90	3.74	1.74	2.86	5.10	6.22	対数正規型
		対数値	0.58	0.12	0.34	0.84	0.57	0.34	0.46	0.70	0.82	
		実数変換値	3.80	1.32	2.18	6.91	3.72	1.16	2.48	5.12	6.44	
K		直接値 (mg%)	193	57.3	81.4	294	205	78.0	135	250	307	正規型
Mg		直接値 (mg%)	13.2	1.61	10.2	16.5	13.1	9.94	11.6	14.8	16.4	正規型
H <sub>2</sub> O	1・2 段	直接値 (%)	95.6	0.19	95.2	96.0	95.6	95.2	95.4	95.8	96.0	正規型
	4・5 7・8 段	直接値 (%)	94.7	0.25	94.3	95.5	94.7	94.2	94.5	95.0	95.2	正規型

表 4 - 2 土壌栽培の無機成分量の特徴値

成 分		直接値 および 対数値	平均値	標準偏差	最小値	最大値	中央値	$\mu-2\sigma$	$\mu-\sigma$	$\mu+\sigma$	$\mu+2\sigma$	推定分布型
Ca		直接値 (mg%)	9.16	1.70	6.26	14.4	9.12	5.76	7.46	10.9	12.6	正規型
P		直接値 (mg%)	38.3	6.17	27.4	52.8	37.8	26.0	32.2	44.5	50.7	正規型
Fe		直接値 (mg%)	0.45	0.09	0.24	0.65	0.45	0.27	0.36	0.54	0.63	正規型
Na		直接値 (mg%)	9.61	4.42	3.56	27.6	8.86	0.77	5.19	14.0	18.5	対数正規型
		対数値	0.94	0.19	0.55	1.44	0.95	0.56	0.75	1.13	1.32	
		実数変換値	8.71	1.55	3.55	27.5	8.91	5.61	7.16	10.3	11.8	
K		直接値 (mg%)	218	52.4	76.1	314	220	131	183	288	341	正規型
Mg		直接値 (mg%)	17.0	1.83	12.5	21.2	17.3	13.4	15.2	18.8	20.7	正規型
H <sub>2</sub> O	1・2 4・5 段	直接値 (%)	94.6	0.42	93.7	95.3	94.6	93.8	94.2	95.0	95.5	正規型
	7・8 段	直接値 (%)	93.5	0.21	93.1	93.9	93.5	93.1	93.3	93.7	93.9	正規型

分布し、必須ではないが重要な付随元素である Na が対数正規分布を示した。

以上のように対象とした無機成分および水分はいずれも正規分布が適応できたので、これらの無機成分量および水分量の特性値を、表4-1にロックウール栽培のミニトマト、表4-2に土壌栽培のミニトマトを示す。

無機成分含有量の平均値は、Feを除いてその他の成分は、すべて土壌栽培に多く、分布の範囲も土壌栽培の方が大きい。ロックウール栽培の方は、分布の範囲が土壌栽培に比べて狭く、成分的には比較的品质が揃っているといえる。

また材料中の成分量の計算に、この特性値が示す平均値と標準偏差を用いることにより、病質、病態に応じた摂取制限や積極的補給が確実に行われることが出来る。

なお、試料として使用したミニトマトの一般成分を表5に示す。

表5 ミニトマト（金太郎）の一般成分

成 分		水分(%)	蛋白質(%)	脂質(%)	糖質(%)	繊維(%)	窒素(%)	V.C(mg%)
栽培方法	平均値	95.0	0.84	0.32	3.97	0.54	2.81	23.3
	標準偏差	±0.47	±0.13	±0.04	±0.31	±0.02	±0.31	±6.21
土 壤	平均値	94.3	0.94	0.34	3.49	0.55	2.69	24.6
	標準偏差	±0.64	±0.10	±0.06	±0.01	±0.03	±0.38	±7.37

3. 栽培別、段別における各種成分含有量の動向

表6は栽培方法の違いによる各種成分含有量と検定結果を示したものである。

表6-1 栽培別による各種成分含有量

成 分		栽培	ロックウール N=90	土 壤 N=90	検 定
Ca	平均値(mg%)		6.46	9.16	***
	標準偏差		1.14	1.70	
P	平均値(mg%)		35.0	38.3	***
	標準偏差		5.48	6.17	
Fe	平均値(mg%)		0.46	0.45	n.s.
	標準偏差		0.11	0.09	
Na	平均値(mg%)		3.98	9.61	***
	標準偏差		1.12	4.42	
	対数平均値		0.58	0.94	***
	標準偏差		0.12	0.19	
K	平均値(mg%)		193	218	***
	標準偏差		57.3	52.4	
Mg	平均値(mg%)		13.2	17.0	***
	標準偏差		1.61	1.83	
H <sub>2</sub> O	平均値(%)		95.0	94.2	***
	標準偏差		0.47	0.64	



表6-2 栽培別による各種成分含有量

成 分	栽 培	ロックウール N=45	土 壤 N=45	検 定
N	平 均 値( % )	2.81	2.69	n.s.
	標 準 偏 差	0.31	0.38	
V.C	平 均 値(mg%)	23.3	24.6	n.s.
	標 準 偏 差	6.24	7.37	
酸	平 均 値( % )	0.48	0.48	n.s.
	標 準 偏 差	0.08	0.08	
糖	平 均 値( % )	4.70	5.32	* * *
	標 準 偏 差	0.63	1.12	

Ca, P, Na, K, Mg および糖が土壌栽培のものに多く含まれている。検定の結果5%の危険率で有意差が認められた。特にロックウール栽培の Na 含有量は土壌栽培の1/2量以下になっている。

表7-1 ロックウール栽培段別による各種成分含有量と分散分析表

成 分	段 別	1・2段	4・5段	7・8段	要因	平方和	自由度	不偏分散
Ca	平 均 値 (mg%)	7.14	6.40	5.86	級間	24.32	2	12.16
	標 準 偏 差	1.14	1.20	0.62	級内	90.71	87	1.04 ***
					計	115.03	89	
P	平 均 値 (mg%)	35.3	37.9	31.9	級間	551.3	2	275.65
	標 準 偏 差	3.26	4.73	6.34	級内	2122.8	87	24.40 ***
					計	2674.1	89	
Fe	平 均 値 (mg%)	0.35	0.47	0.55	級間	0.5766	2	0.2883
	標 準 偏 差	0.06	0.09	0.06	級内	0.4573	87	0.0052 ***
					計	1.0339	89	
Na	対 平 均 値	0.55	0.61	0.60	級間	0.0617	2	0.0303
	数 標 準 偏 差	0.11	0.11	0.13	級内	1.2342	87	0.0141 n.s.
					計	1.2959	89	
K	平 均 値 (mg%)	202	214	162	級間	44885	2	22442.7
	標 準 偏 差	37.9	47.4	69.5	級内	246853	87	2837.3 ***
					計	291738	89	
Mg	平 均 値 (mg%)	11.6	13.0	14.8	級間	145.77	2	72.88
	標 準 偏 差	0.94	0.98	0.98	級内	81.51	87	0.93 ***
					計	227.28	89	
H <sub>2</sub> O	平 均 値 (%)	95.6	94.8	94.6	級間	14.90	2	7.45
	標 準 偏 差	0.22	0.28	0.20	級内	4.77	87	0.05 ***
					計	19.67	89	

成 分	段 別	1・2段	4・5段	7・8段	要因	平方和	自由度	不偏分散
N	平 均 値 (%)	3.12	2.72	2.59	級間	2.305	2	1.15
	標 準 偏 差	0.24	0.20	0.21	級内	2.052	42	0.04 ***
					計	4.357	44	
V.C	平 均 値 (mg%)	19.8	19.5	30.5	級間	1165.5	2	582.77
	標 準 偏 差	3.66	2.75	4.24	級内	545.4	42	12.98 ***
					計	1710.9	44	
酸	平 均 値 (%)	0.44	0.43	0.57	級間	0.1811	2	0.0905
	標 準 偏 差	0.06	0.05	0.05	級内	0.1189	42	0.0028 ***
					計	0.3000	44	
糖	平 均 値 (%)	4.32	4.39	5.39	級間	10.71	2	5.35
	標 準 偏 差	0.46	0.26	0.44	級内	6.57	42	0.15 ***
					計	17.28	44	

表7-1はロックウール栽培の段別による各種成分含有量と分散分析表である。Fe, Mg, ビタミンC, 酸および糖は上段は多く、Ca, 水分, 窒素は逆に少なくなる傾向にある。ビタミンC, および糖については、木下氏<sup>6)</sup>や吉田氏<sup>7)</sup>や篠原温氏<sup>8)</sup>らの報告とも一致している。その原因については、ビタミンC, および糖は光が当たる率が高いほど多くなると指摘されている。特に糖は光合成により生成されるもので、その光合成機構に関与している Fe, Mg が上段に多かったこととも一致している。P, Na, K については、いずれも一貫した傾向がみられなかった。その原因の一つとして、植物体内における Na, K の流動性。そして P の場合の移動の困難性が考えられる。分散分析の結果は、Na を除くすべてに有意差がみられた。

表7-2 土壌栽培段別による各種成分含有量と分散分析表

成 分	段 別	1・2段	4・5段	7・8段	要因	平方和	自由度	不偏分散
Ca	平 均 値 (mg%)	8.26	8.88	10.4	級間	75.78	2	37.89
	標 準 偏 差	1.10	1.00	2.24	級内	210.02	87	2.41 ***
					計	285.80	89	
P	平 均 値 (mg%)	32.9	41.3	40.7	級間	1312.8	2	656.41
	標 準 偏 差	2.84	4.34	6.68	級内	2076.4	87	23.86 ***
					計	3389.2	89	
Fe	平 均 値 (mg%)	0.39	0.46	0.51	級間	0.2016	2	0.1008
	標 準 偏 差	0.07	0.09	0.06	級内	0.4691	87	0.0053 ***
					計	0.6707	89	
Na	対 平 均 値	0.98	0.99	0.85	級間	0.3587	2	0.1793
	数 標 準 偏 差	0.17	0.22	0.15	級内	2.8865	87	0.0331 ***
					計	3.2452	89	

成 分 \ 段 別		1・2段	4・5段	7・8段	要因	平方和	自由度	不偏分散
K	平 均 値 (mg%)	212	236	206	級間	15634	2	7817
	標 準 偏 差	46.6	39.4	64.6	級内	229151	87	2633.9 n.s.
					計	244785	89	
Mg	平 均 値 (mg%)	15.9	16.8	18.5	級間	108.03	2	54.01
	標 準 偏 差	1.75	1.24	1.13	級内	170.27	87	1.95 ***
					計	278.30	89	
H <sub>2</sub> O	平 均 値 (%)	94.9	94.3	93.5	級間	30.56	2	15.28
	標 準 偏 差	0.28	0.34	0.22	級内	7.04	87	0.08 ***
					計	37.60	89	
N	平 均 値 (%)	3.05	2.67	2.34	級間	3.772	2	1.88
	標 準 偏 差	0.34	0.24	0.13	級内	2.693	42	0.06 ***
					計	6.465	44	
V.C	平 均 値 (mg%)	18.2	216	34.1	級間	2096.5	2	1048.28
	標 準 偏 差	1.95	2.69	3.08	級内	287.5	42	6.84 ***
					計	2384.0	44	
酸	平 均 値 (%)	0.46	0.45	0.53	級間	0.0647	2	0.0323
	標 準 偏 差	0.09	0.06	0.08	級内	0.2530	42	0.0060 **
					計	0.3177	44	
糖	平 均 値 (%)	4.90	4.36	6.69	級間	44.48	2	22.24
	標 準 偏 差	0.26	0.25	0.79	級内	10.61	42	0.05 ***
					計	55.09	44	

表7-2は土壤栽培の段別による各種成分含有量と分散分析の結果である。各段毎の成分含有量の傾向はロックウールの場合と似かよっていて、Ca, Fe, Mg およびビタミンCは上段ほど多く、酸と糖については、下段と中段では大差なく上段には多かった。水分と窒素は上段ほど少くなる傾向にある。P, Na, K については定まった傾向はみられなかったが、分散分析の結果 K を除くすべてに有意差がみられた。

#### 4. 各種成分の栽培別、段別における相関関係

植物の生命維持や生長にとって無機養分は必要不可欠なものであり、土壤中で不足する可能性の高い元素は要求量に応じて、肥料として与えなければならない。肥料として最も多く与えられる無機成分は N, P, K でこれを肥料の三元素という。植物が培養液のみによって生育するロックウール栽培では、特に無機成分のバランスは重要と考えられる。肥料の三元素といわれる N, P, K の相互関係は、それぞれの栽培によってどうなっているのか。

水稻に対し、N の施用量を増すと、K, P, Ca 等の吸収量が、それにともなって増大すると確められており<sup>9)</sup>、N とこれらの元素間には相助作用があると考えられている。養分吸収において、ある無機成分の存在が他の無機成分の吸収を促進する場合と妨害しあう場合とがある。前者として、Mg と P との関係が指摘される。即ち、Mg は植物が土壤中から P を吸収する働きを促進することが古くから指摘されており<sup>9)</sup>、逆に Mg 欠乏の土壌で P を多用すれば、Mg

の欠乏が助長されるといわれ、Mg-P 間には、相助作用があると考えられる。

後者については、K あるいは Na の原形質膜に対する影響が Ca によって妨害され、また同じ陽イオンは相互にその吸収が妨害しあう<sup>9)</sup>もので K-Mg、K-Na について拮抗作用があるといわれる。

トマトの場合は、前記の水稻とはやゝ異なり Ca 不足の土壤における N、K、Mg の過剰は拮抗的に Ca の吸収を阻害し、植物体を Ca の欠乏状態として、大量の尻ぐされ病を発生させる。

以上のように、土壤栽培された一般植物においてみられる無機成分の相互関係が、ロックウール栽培のトマトではどのように現われそれがトマトの育成にどのように関係しているのか、ロックウール栽培と土壤栽培の各段別に各種成分の相関関係を調べた結果を表 8 に示す。

表 8 相 関 関 係

		ロックウール栽培				土 壤 栽 培			
		全体	1・2段	4・5段	7・8段	全体	1・2段	4・5段	7・8段
N-K	R	-0.08	0.19	0.05	-0.20	0.24	0.37	0.31	0.17
	N	45	15	15	15	45	15	15	15
	検定	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.
N-P	R	0.15	0.29	0.47	-0.18	0.02	-0.19	0.41	0.06
	N	45	15	15	15	45	15	15	15
	検定	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.
P-K	R	0.89	0.88	0.75	0.96	0.67	0.74	0.71	0.86
	N	98	32	32	34	94	32	31	31
	検定	***	***	***	***	***	***	***	***
P-Mg	R	0.54	0.64	0.51	-0.30	0.36	0.11	0.17	0.35
	N	98	32	32	34	94	32	31	31
	検定	***	***	***	n.s.	***	n.s.	n.s.	n.s.
N-Ca	R	0.28	0.01	0.01	-0.44	-0.18	-0.35	-0.11	-0.001
	N	45	15	15	15	45	15	15	15
	検定	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.
P-Ca	R	-0.08	-0.23	-0.23	-0.23	0.20	0.21	0.32	-0.13
	N	98	32	32	34	94	32	31	31
	検定	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.
K-Ca	R	-0.002	-0.18	-0.06	-0.21	-0.04	-0.04	0.28	-0.09
	N	98	32	32	34	94	32	31	31
	検定	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.
Na-Ca	R	-0.03	0.37	-0.06	-0.13	-0.12	-0.01	0.32	-0.35
	N	98	32	32	34	94	32	31	31
	検定	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.
K-Mg	R	0.40	0.57	0.22	-0.27	0.19	0.36	0.20	0.26
	N	98	32	32	34	94	32	31	31
	検定	***	***	n.s.	n.s.	n.s.	*	n.s.	n.s.
K-Na	R	-0.02	0.05	-0.10	0.10	0.25	0.29	0.26	0.30
	N	98	32	32	34	94	32	31	31
	検定	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.	*	n.s.	n.s.	n.s.
酸-糖	R	0.65	0.29	0.40	0.36	0.39	0.27	-0.15	-0.13
	N	45	15	15	15	45	15	15	15
	検定	***	n.s.	n.s.	n.s.	***	n.s.	n.s.	n.s.

		ロックウール栽培				土 壌 栽 培			
		全体	1・2段	4・5段	7・8段	全体	1・2段	4・5段	7・8段
N-糖	R	0.37	-0.002	0.55	0.34	0.01	0.14	0.30	-0.14
	N	45	15	15	15	45	15	15	15
	検定	***	n.s.	*	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.
P-糖	R	-0.09	0.27	0.47	-0.26	0.38	-0.21	0.17	0.03
	N	98	32	32	34	94	32	31	31
	検定	n.s.	n.s.	**	n.s.	***	n.s.	n.s.	n.s.
K-糖	R	-0.20	0.14	0.28	-0.25	-0.03	-0.02	0.17	0.22
	N	98	32	32	34	94	32	31	31
	検定	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.
Mg-糖	R	0.51	0.42	0.33	0.05	0.49	-0.16	-0.13	0.27
	N	98	32	32	34	94	32	31	31
	検定	***	*	n.s.	n.s.	***	n.s.	n.s.	n.s.

肥料の三元素である N, P, K の相互関係を観察してみると, P-K 間では, ロックウール栽培, 土壌栽培ともに, 全試料間およびすべての段毎に, 非常に高い正の相関関係がみられた。

P は細胞の生長, 増殖等に欠くべからざる元素であり, また無機態のリン酸塩は炭水化物代謝やエネルギー代謝に重要な役割を演じている<sup>9)</sup>。K は植物体中の生理作用に対して重要な意義をもっており, いくつかの酵素の活性化剤として働き, また常に活発なイオン状態またはイオン化しやすい状態にあって, 原形質のコロイド状態を正常に保つために欠くことのできない要素であり<sup>9)</sup>, P, K とともに植物の生育に大きく関与している。

N に関しては, 蛋白質の構成要素として, 植物組織の大きな部分を構成すると共に, 重要な生理作用を営む物質の構成成分としても重要な元素であるが, N と P, K 間についてはロックウール, 土壌栽培共に相関関係はみられなかった。また N と Ca 間についても相関関係は検定されなかった。

P と Mg の相助関係については, 土壌栽培では全試料間で正の相関がみられた。ロックウール栽培では全試料間および苗の下段, 中段に高い正の相関がみられたが, 上段には相関関係はみられなかった。元来 P は植物体中での移動が困難であり, 丈の高い苗の上段ではその分布は一様には至っていないと考えられる。

トマトの尻ぐされ病は, その原因の一つに Ca の吸収阻害があげられている。そこで Ca とその他の元素との関係について観察してみると, ロックウール栽培においては P, K, Na との相関において負の傾向を示し, 土壌栽培においては, N, K, Na との相関において負の傾向を示した。このことは, 一般植物の無機質の吸収生理とよく一致し, 更に Ca の吸収阻害が進行すれば, トマトの細胞構成に必要なペクチン酸 Ca が減少を来し, トマトの尻ぐされ病の発生となる。我々の栽培では, ロックウール栽培に多少尻ぐされ病の発生を見た。ロックウール栽培と土壌栽培との元素間の相関関係の違いから見て, P と Ca の吸収比率が尻ぐされ病の原因となる Ca の吸収阻害に大きくかかわっていると推察する。

一般に拮抗先用があるといわれている K-Mg 間ではあるが, ロックウール栽培の全試料間と 1・2 段に正の相関が, 土壌栽培の 1・2 段にも正の相関が検定された。また K-Na についても土壌栽培に正の相関が検定された。

トマトの味は主として糖分と酸含量に影響されると考えられ, 酸と糖の相関関係を検討してみる

と、ロックウール栽培，土壤栽培共に全試料間で正の相関関係がみられた。

肥料三元素と糖度との相関関係については，窒素が不足すると果実の肥大が抑制され，水分含量も減少するが，糖含量は多くなる<sup>10)</sup>と云われている。今回の実験では，窒素と糖については，元来云われているのとは反対に，ロックウール栽培の全試料間，中段に正の相関がみられた。また土壤栽培では相関関係はみられなかった。

また P, K, Mg が不足すると糖含量は減少する傾向がある<sup>10)</sup>といわれている。P と糖については，ロックウール栽培の中段と土壤栽培の全試料間に正の相関がみられ，Mg と糖については，ロックウール栽培，土壤栽培共に全試料間に正の相関がみられ，従来いわれていることと一致した結果となった。従って果実の品質を向上させるには，P, K, Mg などの施用を完全にし，窒素は多すぎないように施す。しかし，Ca の吸収阻害を防ぐためには，P, K, Mg の必要以上の過剰はさけなければならない。

#### 5. 部位別，熟度別における各種成分の動向

果肉部とゼリー部の部位別における各種成分含有量および差の検定を表9に示した。

K, ビタミンC, 酸および糖を除くすべてに有意差がみられた。果肉部に比べてゼリー部は Ca

表9 部位による各種成分含有量

成 分 \ 部 位		果肉部分	ゼリー部分	検 定
Ca	平 均 値(mg%)	4.49	3.81	*
	標 準 偏 差	0.69	0.36	
P	平 均 値(mg%)	31.7	55.6	***
	標 準 偏 差	1.89	12.6	
Fe	平 均 値(mg%)	0.40	0.85	***
	標 準 偏 差	0.05	0.13	
Na	平 均 値(mg%)	3.87	7.49	***
	標 準 偏 差	0.92	2.99	
K	平 均 値(mg%)	189	219	n.s.
	標 準 偏 差	14.5	70.1	
Mg	平 均 値(mg%)	10.0	25.0	***
	標 準 偏 差	0.76	3.29	
H <sub>2</sub> O	平 均 値(%)	96.0	94.4	***
	標 準 偏 差	0.30	0.59	
V.C	平 均 値(mg%)	26.5	30.8	n.s.
	標 準 偏 差	2.70	2.67	
酸	平 均 値(%)	0.59	0.68	n.s.
	標 準 偏 差	0.07	0.49	
糖	平 均 値(%)	7.97	7.90	n.s.
	標 準 偏 差	0.32	0.30	

と水分含有量は少ないが、その他の成分は多く、特に Fe, Na および Mg は、果肉の約2倍量が含まれていた。

ロックウール栽培ミニトマトの熟度別即ち、未熟、適熟、過熟についての各種成分含有量と分散分析の検定の結果を表10に示す。

着色程度50%位を未熟、上部にやや緑色が残っているものを適熟、全面赤色でやや軟化したものを過熟とした。Ca, Fe, K, Mg および糖は成熟するに従って次第に増える傾向にあり、ビタミンCは減少する傾向にあった。平均値の差の検定の結果、未熟と過熟では、Ca, K, Mg および糖は0.5%の、ビタミンCは1%の危険率で有意差がみられた。

表10 成熟別の各種成分含有量と分散分析表

成分	熟度	未熟	適熟	過熟	要因	平方和	自由度	不偏分散
		n=15	n=15	n=15				
Ca	平均値(mg%)	3.63	4.33	5.14	級間	17.12	2	8.56
	標準偏差	0.44	0.93	1.45	級内	45.40	42	1.08 ***
					計	62.52	44	
P	平均値(mg%)	55.7	49.4	53.2	級間	296.3	2	148.19
	標準偏差	5.71	8.15	4.84	級内	1715.0	42	40.83 *
					計	2011.3	44	
Fe	平均値(mg%)	0.59	0.61	0.77	級間	0.2732	2	0.1366
	標準偏差	0.21	0.11	0.33	級内	2.3097	42	0.0549 n.s.
					計	2.5829	44	
Na	平均値(mg%)	4.39	5.04	4.23	級間	5.481	2	2.74
	標準偏差	1.51	2.66	1.69	級内	171.493	42	4.08 n.s.
					計	176.974	44	
K	平均値(mg%)	423	474	591	級間	223182	2	111591
	標準偏差	76.9	133	81.3	級内	422174	42	10051.8 ***
					計	645356	44	
Mg	平均値(mg%)	20.2	22.5	23.7	級間	95.34	2	47.67
	標準偏差	3.11	2.97	2.61	級内	354.35	42	8.43 **
					計	449.69	44	
H <sub>2</sub> O	平均値(%)	92.9	92.7	92.8	級間	0.5937	2	0.2968
	標準偏差	0.27	0.20	0.21	級内	2.1953	42	0.0522 **
					計	2.7890	44	
V.C	平均値(mg%)	28.8	27.2	25.1	級間	103.9	2	51.99
	標準偏差	2.79	3.96	4.11	級内	565.3	42	13.46 *
					計	669.2	44	
酸	平均値(%)	0.71	0.68	0.70	級間	0.0102	2	0.0051
	標準偏差	0.07	0.08	0.07	級内	0.2384	42	0.0056 n.s.
					計	0.2486	44	
糖	平均値(%)	6.90	7.43	7.65	級間	4.504	2	2.25
	標準偏差	0.25	0.27	0.33	級内	3.451	42	0.08 ***
					計	7.955	44	

## 6. 嗜好調査

ロックウール栽培、水耕栽培、土壌栽培のミニトマト金太郎種、市販露地もの中型トマト桃太郎種の4種の試料を用いて、生食で嗜好調査を行った。

嗜好調査に先だち、ロックウール栽培と土壌栽培のミニトマトの識別テストを行ったところ、22名中18名が正解しており、判定結果では著しく有意であると認められた。また、ロックウール栽培と土壌栽培のものでは、土壌栽培のものが好まれ、理由としては、土壌栽培の方が甘味が強いと指摘している。

4種の試料について、色、香、酸味、甘味、旨味、歯ごたえ、総合評価の各項目について、順位法で検定した結果を表11に示す。

表11 嗜 好 調 査															
テストパネル 高知女子大生と教官 28名 試 料 ミニトマト(金太郎),普通トマト(桃太郎) 検 査 日 昭和61年9月															
順 位 法															
項 目		色		香		酸味		甘味		旨味		歯ごたえ		総合	
試 料		計	順位	計	順位	計	順位	計	順位	計	順位	計	順位	計	順位
金太郎	ロックウール	54	1	60	2	68	2	83	3	73	3	73	3	73	3
	水 耕	69	3	72	3	76	4	50	1	68	2	70	2	63	2
	土 耕	61	2	54	1	61	1	64	2	47	1	78	4	58	1
	桃 太 郎	96	4	94	4	75	3	83	3	92	4	59	1	86	4
検 定		***		***		n.s.		***		***		n.s.		*	

好ましい色に関しては、危険率0.5%で有意差がみられ、その順位は、ロックウール、土壌、水耕、桃太郎の順に好まれるという評価が得られた。香についても、危険率0.5%で有意差がみられ、土壌、ロックウール、水耕、桃太郎の順となった。味については、酸味以外の甘味、旨味の点では水耕、土耕に危険率0.5%で有意差がみられた。ロックウールは3位となった。総合的に好ましいトマトの順位も①土壌、②水耕、③ロックウール、④桃太郎の順となった。

ロックウール栽培のトマトは、市販の中型トマト桃太郎よりは、味が濃厚で好ましいと云えるものの、同じミニトマトの金太郎では、甘味、旨味等の点で、土耕に劣るという結果になった。

## IV 要 約

近年、施設園芸の新しい栽培方法として、ロックウール栽培がとりあげられ、高知県でも昭和60年度より、メロン、ミニトマトの栽培がはじめられた。今回は、ロックウール栽培と土壌栽培されたミニトマトを試料として、各種無機成分(Ca, P, Fe, Na, K および Mg)、水分、窒素、ビタミンCおよび酸と糖度を測定した。無機成分と水分含有量の分布型の決定、ついで栽培別、段別、部位別、熟度別における、これら成分含有量の動向を調べた。さらに各種元素間および酸、糖との相



関関係について検討した。

1. 培材として用いたロックウールの培養液保持能を調べた結果、実験の初期には P, K はロックウールへの吸着が大きく, Ca と Mg はロックウールからの溶出がみられた。Fe と Na は濃度の変動が少なかったが、実験、栽培を通じて、ロックウール中の培養液の成分濃度は、変化しやすいことから、折りにふれ培材内液の濃度検査が必要である。

2. ミニトマトの無機成分および水分含有量の分布型を決定した結果、ロックウールおよび土壌栽培共に Ca, P, Fe, K, Mg および水分は正規分布し, Na は対数正規分布を示した。これらの分布の範囲は、ロックウール栽培のものは、土壌栽培のものより狭く、成分的には、ロックウール栽培のトマトが土壌栽培のものより安定しているといえる。特に Na については、そのバラツキが顕著である。

3. 対象とした各種成分を、ロックウール栽培と土壌栽培でその含有量を比較した結果、N を除く殆んどすべての成分が土壌栽培に多かった。特に Na は2.5倍の含有量を示した。

4. トマトの果実が着生した段別では、ロックウール栽培のものは、Fe, Mg, ビタミンCおよび酸と糖は苗の上段ほど多く, Ca, 水分, 窒素は逆に少なくなる傾向にある。土壌栽培のものは、Ca, Fe, Mg およびビタミンCは上段ほど多く, 酸と糖については、下段、中段では大差なく、上段には多かった。水分と窒素は上段ほど少なくなる傾向にある。

5. 各種元素間の相関関係を調べた結果、肥料三元素である N, P, K の相互関係は、P-K 間では、ロックウール栽培、土壌栽培ともに、危険率0.5%で正の相関関係がみられたが、N-P, N-K間には相関関係は検定されなかった。

相助関係があるといわれている、P-Mg 間については、ロックウール、土壌栽培ともに比較的高い正の相関関係がみられた。

トマトの尻ぐされ病の一因とされている Ca の吸収阻害を知るための、Ca とその他の元素との関係については、ロックウール栽培においては、P, K, Na との相関において負の傾向を示し、土壌栽培においては、N, K, Na との相関において負の傾向を示した。

一般に拮抗作用があるといわれている K-Mg 間については、むしろ相助関係が観察された。

酸と糖の相関関係は、ロックウール、土壌栽培ともに、全試料間に高い正の相関がみられた。

肥料三元素と糖度との相関関係については、N-糖間はロックウール栽培において正の相関。P-糖間は土壌栽培の全試料間とロックウール栽培の一部に正の相関がみられた。K-糖間には相関関係は検定されなかった。また、Mg-糖間では、両栽培共に全試料間に高い正の相関がみられた。

6. ロックウール栽培のミニトマトを試料として、果肉部とゼリー部にわけて比較分析した結果、K 以外の無機成分含有量に有意差がみられた。果肉部に比べゼリー部は、Ca と水分含有量は少ないが、その他の成分は多く、特に Fe, Na および Mg は果肉の約2倍量が含まれていた。

7. 上記試料を用いて熟度別に、各種成分を測定した結果、Ca, Fe, K, Mg および糖は成熟につれて増加し、ビタミンCは減少傾向にあった。

8. ロックウール、水耕、および土壌栽培のミニトマト（金太郎）に市販露地もの中型トマト（桃太郎）を加えて、生食で嗜好調査を行った結果、総合的に好ましいトマトの順位は、①土壌、②水耕、③ロックウール、④桃太郎、の順であった。土壌とロックウールを比較すると、土壌栽培の方が甘味が強く、好ましいという結果になった。

終りに臨み、本研究に際し、試料を御提供下さった種苗センターの皆様、また栽培の御指導をいただいた園芸農家の雨森氏に深謝し、実験に御協力いただいた鍋島民、新居順子、日野千恵子、森実幸子の諸氏に厚く御礼申し上げる。

また本論文の要旨は、第34回日本家政学会中国、四国支部総会（1987年10月）で発表したものである。

## 文 献

- 1 ) 板木利隆, 佐々木皓二, 宇田川雄二: 養液栽培の実際, 農業電化協会, 23, 9 (1984).
- 2 ) 中山喜代子, 桑原豊子, 中山美津子: 高知女子大学紀要, 33, 25~40 (1984).
- 3 ) 桑原豊子, 中山美津子, 中山喜代子: 高知女子大学紀要, 自然科学, 34, 9~22 (1986).
- 4 ) 中山美津子, 桑原豊子, 中山喜代子: 高知学園短期大学紀要, 17, 289~302 (1986).
- 5 ) 山西貞: 食品学実験, 産業図書, 49~53 (1976).
- 6 ) 木下隆雄, 穂積清之, 野中正義: 野菜試験場報告, 4, 139 (1977).
- 7 ) 吉田企世子, 森敏, 長谷川和久, 西沢直子, 熊沢喜久雄: 日本栄養・食糧学会誌, 37, 123~127 (1984).
- 8 ) 篠原温: 農業及び園芸, 61, 140 (1986).
- 9 ) 田口亮平: 植物生理学大要, 養賢堂, 137~145 (1978).
- 10 ) 斉藤隆他: 野菜全書トマト, 農山漁村文化協会, 158, (1984).

(高知女子大学 食品学研究室)